

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-293693  
(P2000-293693A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード(参考)	
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/62	4 1 5	5 B 0 5 7
G 0 1 V 8/10		G 0 8 G 1/16	C	5 H 1 8 0
G 0 6 T 1/00		G 0 1 V 9/04	S	
G 0 8 G 1/16		G 0 6 F 15/62	3 8 0	

審査請求 未請求 請求項の数12 書面 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平11-130451

(22) 出願日 平成11年 3 月31日 (1999. 3. 31)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 服部 寛

兵庫県神戸市東灘区本山南町 8 丁目 6 番26

号株式会社東芝関西研究所内

(72) 発明者 前田 賢一

兵庫県神戸市東灘区本山南町 8 丁目 6 番26

号株式会社東芝関西研究所内

(74) 代理人 100078765

弁理士 波多野 久 (外 1 名)

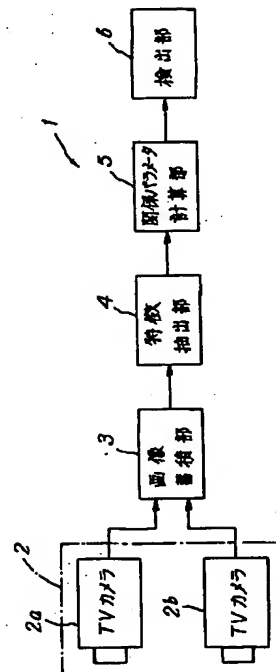
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 障害物検出方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 キャリブレーションを行うことなく走行中に振動や路面自体に傾斜があつても路面上に存在する障害物を検出する。

【解決手段】 複数の線を有する道路平面上の障害物領域を検出する障害物検出装置 1。障害物検出装置 1 は、道路平面を撮影する 2 台の TV カメラ 2 a、2 b と、TV カメラ 2 a、2 b によりそれぞれ撮影された左画像、右画像を蓄積する画像蓄積部 3 と、この画像蓄積部 3 に蓄積された左画像、右画像上に表された複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて左画像、右画像間の対応点を求める特徴抽出部 4 と、この特徴抽出部 4 により求められた対応点に基づいて、道路平面上の任意の点の左画像、右画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算する関係式パラメータ計算部 5 と、この関係式パラメータ計算部 5 により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて道路平面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出する検出部 6 とを備えている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であって、

画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えたことを特徴とする障害物検出装置。

【請求項2】 前記複数の撮影デバイスの内の1つの基準撮影デバイスにより撮影された画像を基準画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基準画像上の任意の点に対応する前記参照画像上の対応点は、前記基準画像上の任意の点と前記基準撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上への投影直線上に拘束されることを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置。

【請求項3】 前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線および前記基準画像に対する前記参照画像上への投影直線に基づいて前記基準画像および前記参照画像間の対応点の組を求めており、

前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基準画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基準画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを求める手段であることを特徴とする請求項2記載の障害物検出装置。

【請求項4】 前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線の内の一本の線1上の第1の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第1の複数の対応点として求め、前記基準画像上の複数の線の内の1以外の1本の線上の第2の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第2の複数の対応点として求めることにより、前記第1の複数の点および第1の複数の対応点の組と前記第2の複数の点および第2の複数の対応点の組とを求めるようにしたことを特徴とする請求項3記載の障害物検出装置。

【請求項5】 前記検出手段は、前記基準画像上の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基準画像上の任意の点の輝度と求められた前記参照画像上の対応点の輝度とを比較することにより、前記基準画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害

2

物領域に属するか否かを判定するようにしたことを特徴とする請求項3または4記載の障害物検出装置。

【請求項6】 前記検出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記基準撮影デバイスで得られる画像に変換する変換手段と、前記基準画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えたことを特徴とする請求項3または4記載の障害物検出装置。

【請求項7】 前記差異計算手段は、前記基準画像と前記変換参照画像との差分を取ることにより前記差異を計算するようにしたことを特徴とする請求項6記載の障害物検出装置。

【請求項8】 前記差異計算手段は、前記参照画像上の任意の点に対して、この点を中心としたウィンドウを設定し、設定したウィンドウ内の前記基準画像および前記変換参照画像間の輝度値の正規化相互相関を計算することにより差異を計算するようにしたことを特徴とする請求項6記載の障害物検出装置。

【請求項9】 前記面は実空間で移動する移動体が走行する路面であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載したことを特徴とする請求項1乃至8の内の何れか1項記載の障害物検出装置。

【請求項10】 前記検出手段により検出された障害物領域に対して前記移動体を移動させる移動指示情報が送られた際に、前記移動体の前記障害物領域への移動を回避するための所定の処理を行う手段を備えたことを特徴とする請求項9記載の障害物検出装置。

【請求項11】 前記画像記憶手段により記憶された少なくとも1つの画像を、前記検出手段により検出された障害物領域を当該画像上の他の安全領域の表示態様とは異なる態様で表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項10記載の障害物検出装置。

【請求項12】 複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出方法であって、

複数の画像を撮影するステップと、撮影ステップにより撮影された複数の画像を記憶するステップと、この記憶ステップにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステップと、このステップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステップと、このパラメータ計算ステップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出するステップとを備えたことを特徴とする障害物検出方法。

【発明の詳細な説明】

3

【発明の属する技術分野】道路等の面上を走行する自動車等の車両の運転を支援するために、TVカメラにより、先行車等の他車両や歩行者等の道路上に存在する自車両以外の物体（以下、障害物と定義する）を検出する障害物検出手法および装置に関する。

【従来の技術】道路上の障害物を検出するための技術は、その障害物検出手段としてレーザや超音波等を利用するものと、TVカメラを利用するものとに大別される。障害物検出手段としてレーザを利用する方式は、レーザ自体が高価であるため、非実用的である。また、障害物検知手段として超音波を利用する方式は、超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題があり、これも実用性を阻害している。上記2つの方式に対して、障害物検出手段としてTVカメラを使用する方式は、TVカメラ自体が比較的安価であり、その解像度や計測精度、計測範囲等の面からも障害物検出に適することが分かっている。道路上の障害物検出手段としてTVカメラを用いる場合、1台のTVカメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。1台のTVカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、輝度や色、あるいはテクスチャ（模様）等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域とを分離する。例えば、画像中で彩度の低い中程度の輝度領域、つまり灰色の領域を抽出して道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域としている。しかしながら、道路上には、道路に類似した輝度、色、あるいはテクスチャを有する障害物も数多く存在するため、この方法で障害物領域と道路領域とを区別するのは困難である。これに対し、複数台のTVカメラを用いる方法は3次元情報を手がかりにして道路上の障害物を検出する。これは一般にステレオ視と呼ばれる検出方式である。ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配置し、3\*

▷ 1

4

\*次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測量の要領で、その点の3次元位置を求めるものである。各カメラの道路平面に対する位置や姿勢等をあらかじめ求めておくと、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さを求めることができ、この高さの有無により、障害物領域と道路領域とを分離することができる。このステレオ視を用いた障害物検出方式によれば、1台のカメラを用いた場合で区別することが困難であった道路に類似した輝度、色、あるいはテクスチャを有する障害物を道路領域と区別して検出することが可能である。ところで、通常のステレオ視技術は、画像上の任意の点のワールド座標系（絶対座標系）に対する3次元位置を求める技術であり、このためには、あらかじめ各カメラのワールド座標系に対する関係（位置、姿勢（撮影方向等）、カメラレンズの焦点距離等）に関するパラメータ（関係式パラメータ）を求める必要がある。以下、関係式パラメータを求める作業（処理）をキャリブレーションと呼ぶ。キャリブレーションは、ワールド座標系に対する位置が既知の多数の点を用意し、それらの点の画像への投影位置を求め、ワールド座標系に対するカメラの位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関する関係式パラメータを算出する作業である。しかしながら、上記キャリブレーション作業を行うには、多大な時間と労力を必要とするという問題がある。そこで、画像上で道路領域と障害物領域とを分離することのみに着目して、キャリブレーションを行うことなく、道路平面からの高さの有無を判別し、高さ有り→道路平面上の障害物、高さ無し→道路平面として、障害物を検出する方法が考え出されている。このとき、道路平面からの高さの有無は、以下のようにして判別できる。道路平面上の点の左右画像への投影点を（u, v）, （u', v'）とすれば、

【数1】

$$u' = \frac{h_{11}u + h_{12}v + h_{13}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21}u + h_{22}v + h_{23}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}} \quad \dots\dots (1)$$

☆

※ ※【外1】

という関係式が成り立つ。なお、 $h = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$ （Tは転置記号）は、各カメラの道路平面に対する関係（位置と姿勢、さらに、各カメラのレンズの焦点距離、画像原点等）を表す関係式パラメータである。hは、予め道路平面上の4点以上の左右画像への投影点（ $u_1, v_1$ ）、（ $u'_1, v'_1$ ）（ $i = 1, 2, \dots, N$ ）から求めておく。

☆○

この関係式を用いて、左画像上の任意の点P（u, v）

が道路平面上に存在すると仮定した場合の右画像上の対応点P'（u', v'）を求める。点Pが道路平面上に

50

5

存在すれば、点PとP'が正しい対応点の組となるので、2点の輝度の差は小さくなる。したがって、点PとP'の輝度の違いが大きい場合には、点Pは障害物領域\*

上述した道路平面からの高さの有無により障害物を検出する方式は、ステレオ視用の複数台のカメラが固定している際、すなわち、車両が停止している際には、道路平面と各カメラとの間の幾何学的な関係は変わらないため、一度求めた関係式パラメータhを使って、道路平面上に存在する障害物を検出可能である。

☆

【発明が解決しようとする課題】上述したように、複数台のTVカメラを用いて道路平面からの高さの有無によりキャリブレーションを行うことなく障害物を検出する障害物検出装置は、超音波やレーザを検出手段として利※

6

\*に属すると判定することができ、キャリブレーションを行うことなく障害物の判定を行うことが可能である。  
【外2】

※用する装置と比べて安価で、かつ検出精度が高く、しかも、キャリブレーション作業を不用にして障害物検出にかかる時間および労力を低減するという多くの利点を有している。  
【外3】

しかしながら、上記道路平面からの高さの有無により障害物を検出する障害物検出装置において、車両が走行している場合には、車両自体の振動や道路の傾斜の変化等のため、道路平面と各カメラとの間の相対的な位置や姿勢等の関係は時々刻々変化する。すなわち、車両走行中においては、道路平面と各カメラの幾何学的関係は絶えず変化するため、関係式パラメータhも変化し、障害物の検出精度が著しく低下するという問題があった。

☆③

本発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、エビボラ拘束のみが既知な複数のTVカメラを用いて撮影した複数枚の画像から、面上の2本以上の線の投影像を抽出し、抽出した投影像から面と各カメラとの幾何学的な関係を求めることにより、キャリブレーションが不要で、走行中に振動や路面自体に傾斜があつても、路面上に存在する障害物を検出することができる障害物検出方法および装置を提供することをその目的とする。

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するための第1の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であって、画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えている。第1の発明において、前記複数の撮影デバイスの内の1つの基準撮影デバイスにより撮影され

た画像を基準画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基準画像上の任意の点に対応する前記参照画像上の対応点は、前記基準画像上の任意の点と前記基準撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上への投影直線上に拘束される。第1の発明において、好適には、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線および前記基準画像に対する前記参照画像上への投影直線に基づいて前記基準画像および前記参照画像間の対応点の組を求めており、前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基準画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基準画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを求める手段である。第1の発明において、特に、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線の内の一本の線1上の第1の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第1の複数の対応点として求め、前記基準画像上の複数の線の内の1以外の一本の線上の第2の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第2の複数の対応点として求めることにより、前記第1の複数の点および第1の複数の対応点の組と前記第2の複数の点および第2の複数の対応点の組とを求めるようにしている。第1の発明において、好適には、前記検出手段は、前記基準画像上の任意の点の前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点

7

を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基準画像上の任意の点の輝度と求められた前記参照画像上の対応点の輝度とを比較することにより、前記基準画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定するようにしている。第1の発明において、前記検出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記基準撮影デバイスで得られる画像に変換する変換手段と、前記基準画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えている。第1の発明において、前記面は実空間で移動する移動体が走行する路面であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載している。上述した目的を達成するための第2の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出方法であって、複数の画像を撮影するステップと、撮影ステップにより撮影された複数の画像を記憶するステップと、この記憶ステップにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステップと、このステップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステップと、このパラメータ計算ステップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出するステップとを備えている。

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。なお、本実施形態においては、自動車等の路面（道路平面）上を走行する車両に搭載した左右2台の画像撮影デバイス（TVカメラ、ステレオカメラ）から、その走行方向前方における歩行者や先行車等の道路平面上に存在する障害物を検出する状況を想定し、その想定状況での障害物検出装置による障害物検出処理について説明する。図1は、本実施の形態に係る障害物検出装置1の概略構成を示すブロック図である。本実施形態の障害物検出装置1は、道路平面上を走行する車両に搭載されており、自車両の走行時の振動や道路平面の傾斜等により時々刻々変化する道路平面と各TVカメラとの幾何学的関係求め、その幾何学的関係を用いて道路平面上に存在する障害物を検出し、検出した障害物を表示するようになっている。すなわち、障害物検出装置1は、自車両に係る3次元空間内の共通の面である例えば走行方向前方の道路平面上の画像を撮影する左右2台のTVカメラ（左側TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）を有する画像撮影部2と、TVカメラ2aにより撮影された画像（左画像）およびTVカメラ2bにより撮影された画像（右画像）を蓄積（記憶）するための画

8

像蓄積部3と、左画像および右画像上において特徴となる2本以上の線を抽出するための特徴抽出部4と、抽出された特徴線に基づいて関係式パラメータを計算するパラメータ計算部5と、計算された関係式パラメータに基づいて道路平面に対して異なる高さを有する点を求め、この点を障害物（障害物領域）として検出する検出部6とを備えている。本実施形態においては、図2に示すように、上記道路平面上の2本の線を、道路平面両端の2本の白線（1、1'）とし、直線1、1'方向をY軸、このY軸に対して道路平面に沿って直交する方向をX軸とするワールド座標系（絶対座標系）を設定する。画像撮影部2は、左右2台のTVカメラ2a、2bにより道路平面上の2枚の画像（左画像IL、右画像IR）をそれぞれ撮影するようになっている。各TVカメラ2a、2bは、例えば所定間隔を空けて、例えばワールド座標系のX軸方向に沿った左右に並べて取り付けられており、その撮影方向は、走行車両の前方に限らず、後方やサイド方向であってもよい。また、各TVカメラ2a、2bの焦点距離を切り換えることにより、道路平面（路面）の状況に応じて、広角撮影および望遠撮影を行うことも可能である。そして、本実施形態における2台のTVカメラ2a、2bは、そのワールド座標系に対する位置や姿勢は未知で、エピポーラ拘束のみが既知であるとし、走行中に変化しないように構成されている。ここで、エピポーラ拘束とは、一般的なステレオカメラに対して成り立つ拘束であり、一方の画像（本実施形態では左画像とし、この画像を基準画像とも呼ぶ）上の任意の点kに対応する他方の画像（本実施形態では右画像とし、この画像を参照画像とも呼ぶ）上での点（対応点）k'は、図3に示すように、その右画像IR上のある直線上に拘束されることを意味する。この直線のことをエピポーララインELと呼ぶ。このエピポーララインELは、左画像IL上の点kと左側TVカメラ2aの視点（レンズの中心点位置）とを右画像IR上に投影してそれらを結ぶことにより定められる。例えば、各TVカメラ2a、2bの光軸を平行に配置した場合には、左画像IL上の任意の点の右画像IR上での対応点は、その右画像IR上における同一走査線上に存在するので、エピポーララインと走査線は一致する。エピポーラ拘束は、ステレオカメラ（左側TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）間の相対的な位置・姿勢の関係と、各カメラ2a、2bの内部パラメータ、すなわち、各カメラレンズの焦点距離、画像原点等に依存するため、エピポーラ拘束が不変であるということは、ステレオカメラ2a、2bの相対的な位置関係等が走行中に変化しないことを意味する。エピポーラ拘束は以下のようにして求めておく。今、ステレオ画像（左画像IL、右画像IR）の任意の対応点の組 $(u_i, v_i)$ 、 $(u_i', v_i')$ （ $i=1, 2, \dots, N$ ）には、

【数2】

▷ 2

$$(u_i', v_i', 1) F (u_i, v_i, 1)^T = 0 \quad \dots (2)$$

☆

(但し、Fは、3×3のマトリクス)という関係式が成り立つ。8組以上、すなわち、N=8以上の対応点の組からマトリクスFを求めることができる。すなわち、マトリクスFを対応点の組のみを用いて求めることができ 10  
るため、ワールド座標系に対する3次元位置が既知な点\*

▷ 3

$$(F_{11}u + F_{12}v + F_{13})u' + (F_{21}u + F_{22}v + F_{23})v' + (F_{31}u + F_{32}v + F_{33}) = 0$$

☆

上にあることとなり、これがエビポーラインELとなる。すなわち、式(2)がエビポーラ拘束を表す。こ 20  
で、 $F_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ )はマトリクスFのi行j列の要素である。画像蓄積部3は、画像メモリを有しており、画像撮影部2の各TVカメラ2a、2bにより撮影された2枚の画像(左画像IL、IR)を画像メモリにそれぞれ蓄積するようになっている。特徴抽出部4は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、最初に、画像蓄積部2により蓄積された2枚の画像(左画像IL、右画像IR)上において、道路両端の2本の直線(白線)1、1'をそれぞれ抽出する。なお、上記2本の直線抽出は、Hough変換等を用いて行なう。 30  
直線1と1'は左右画像IL、IR上において、各々交点(消失点)V、V'を持ち、V'はVのエビポーラインLv上にあることを利用すれば、計算量を削減することが可能である。このとき、左画像IL上における直線1上の任意の2点を各々A、C、直線1'上の任意の2点を各々B、Dとすると、特徴抽出部4は、これら4点の右画像IR上の対応点A'、B'、C'、D'を、※

▷ 4

\*を用意する必要がなく、前述したキャリブレーション処理(作業)に比べて、非常に簡単な処理によりマトリクスFを求めることができる。このようにして、マトリクスFが求まると、左画像IL上のある点(u, v)の対応点は、右画像IR上の直線  
【数3】

\*エビポーラ拘束を用いることにより求める。すなわち、点Aの対応点A'は、右画像IR上において、直線1と点AのエビポーラインLAの交点として求めることができ、同様に、点B'、C'、D'も、それぞれ、点B、C、DのエビポーラインLB、LC、LDの交点として求めることができる。ここで、得られた点A、B、C、Dおよび点A'、B'、C'、D'の座標データを、それぞれ(uA, vA), (uB, vB), (uC, vC), (uD, vD), (u'A, v'A), (u'B, v'B), (u'C, v'C), (u'D, v'D)とする。パラメータ計算部5は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、特徴抽出部4により求められた4組の点の対応関係に基づいて、道路平面上の任意の点の左画像IL上の投影点(u, v)と右画像IR上の投影点(u', v')の間に成り立つ関係式のパラメータ(関係式パラメータ)を計算する。今、道路平面上の任意の点P(X, Y)の左右画像IL、IR上への投影点をそれぞれ(u, v), (u', v')とすれば、

【数4】

$$u' = \frac{h_{11}u + h_{12}v + h_{13}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21}u + h_{22}v + h_{23}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}} \quad \dots (4)$$

☆

なる関係式が成り立つ。

☆

\*【外4】

ここで、 $h = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$  (Tは転置記号)は、各カメラ2a、2bのワールド座標系(道路平面)

93) T (Tは転置記号)は、各カメラ2a、2bのワールド座標系(道路平面)

11

に対する位置や方向、カメラレンズの焦点距離、画像原点等によって決まる関係式パラメータである。

12

★●

\* \* 【外5】

すなわち、パラメータ計算部5は、上記関係式パラメータ $h$ を特徴検出部4で求められた4つの対応点の組 $\{(u_A, v_A), (u'_A, v'_A) \sim (u_D, v_D), (u'_D, v'_D)\}$ に基づいて計算する。

★●

※10 ※ 【外6】

今、1つの解 $h$ が上式(4)を満足するならば、その $h$ を定数 $k$ 倍した $kh$ も上式を満足するため、 $h_{33}=1$ としても一般性を失わない。したがって、上式(4)において $h_{33}=1$ として分母を払って整理すると、

★

★ ★ 【数5】

▶ 5

$$\begin{cases} u' = h_{11}u + h_{12}v + h_{13} - u'(h_{31}u + h_{32}v) \\ v' = h_{21}u + h_{22}v + h_{23} - v'(h_{31}u + h_{32}v) \end{cases} \quad \dots\dots (5)$$

★●

★ ★ 【外7】

上記方程式(5)を4組の対応ペア $\{(u_A, v_A), (u'_A, v'_A), (u_B, v_B), (u'_B, v'_B), (u_C, v_C), (u'_C, v'_C), (u_D, v_D), (u'_D, v'_D)\}$ がそれぞれ満足するため、8つの未知パラメータ $h_{11} \sim h_{32}$ に対し8本の連立方程式が得られる。そこで、パラメータ計算部5は、上記8本の連立方程式を解くことにより、関係式パラメータ $h_{11} \sim h_{32}$ を求め、これら $h_{11} \sim h_{32}$ と $h_{33}=1$ より、関係式パラメータ $h$ を求めることができる。

★●

検出部6は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、左画像IL上の任意の点 $P(u, v)$ の輝度を $B_L(u, v)$ とし、この点 $P(u, v)$ が道路平面上に存在すると仮定した場合の上記点 $P(u, v)$ の右画像IR上での対応点 $P'(u, v)$ を前掲(4)式に基づ

◆いて求める。今、求められた点 $P'(u', v')$ の輝度を $B_R(u, v)$ とすると、点 $P(u, v)$ が実際に道路平面上に存在すれば、点 $P$ と $P'$ は正しい対応点の組となるから、基本的には点 $P$ と $P'$ の輝度が同じになる。すなわち、

【数6】

▶ 6

$$D = |B_L(u, v) - B_R(u', v')| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad \dots\dots (6)$$

★

とした場合、検出部6は、 $D \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D > Thr$  ( $Thr$ はあらかじめ設定した閾値)と

なる点 $P$ を障害物領域に属すると判定し、この点 $P$ を障害物として検出することができる。

【外8】



以上述べたように、本実施形態の障害物検出装置1によれば、道路面上の複数の線を用いて、各カメラの道路面との関係を表すパラメータ $h$ を求め、この関係式パラメータ $h$ に基づいて道路平面上の障害物領域を検出することができるため

★㊦

したがって、障害物（障害物検出領域）の検出精度を向上させることができ、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。例えば、図5に示すように、検出部6により検出された障害物領域情報および自動車における例えば運転手のハンドル操作に応じた運転方向指示情報に基づいて警報発生処理を行う警報発生部7を設けておくことにより、運転手のハンドル操作により、自車両を障害物領域（障害物）に向かわせるための運転方向指示情報が警報発生部7に送られると、警報発生部7は、障害物領域情報および運転方向指示情報に基づいて自車両が障害物領域に向かって走行することを判断し、警報を発生する。この結果、走行車両の運転手は、自車両が障害物へ向かって走行していることを認識することができるため、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。さらに、本実施形態の変形例として、図6に示すように、自車両内の運転手が視認できる位置に取り付けられたディスプレイ8と、画像蓄積部3に蓄積された例えば左画像 $I_L$ をそのディスプレイ8に表示し、検出部6により検出された障害物領域情報に基づいて、上記左画像 $I_L$ に対して、障害物領域以外の安全領域と障害物領域との表示態様を異ならせる表示処理（例えば、安全領域を緑の表示色、障害物領域を赤の表示色にする処理や、障害物領域を表すマーカを左画像 $I_L$ 上の障害物領域の座標位置に重畳表示する処理等）を行う画像処理プロセッサ9とを設けてもよい。このように構成すれば、走行車両の前方に存在する障害物領域と安全領域とがディスプレイ8上で明確に識別できるため、ディスプレイ8を視認することにより、運転手の視界の死角に存在する障害物等を容易かつ確実に認識することができ、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。なお、本実施形態においては、画像撮影部2の2台のTVカメラ2a、2bを左右に並べて車両に搭載し、TVカメラ2a、2bにより2枚の画像を撮影しているが、これら2台のカメラ2a、2bは、エピポーラ拘束を維持し、自車両に係る共通の平面をそれぞれが撮影可能であれば、どのように配置してもよい。また、3台以上のTVカメラを車両に配置することも可能である。3台以上のTVカメラを用いて本実施形態の障害検出処理を行う際には、エピポーラ拘束は、\*

▷ 7

\* 3枚以上の撮影画像の中の1枚の画像を基準画像とし、その基準画像上の任意の点 $k$ に対応する残りの各画像（参照画像）上での対応点 $k'$ が各参照画像上のある直線上に拘束されることを意味する。また、特徴抽出部4は左画像 $I_L$ および右画像 $I_R$ 上の4組の点の対応関係を求めたが、5組以上の対応関係を同様に求めてもよい。この場合では、パラメータ計算部5により、その5組以上の対応関係から得られる10本以上の連立方程式を最小自乗法等を用いて解くことも可能である。また、検出部6は、さらに図7に示すように構成することも可能である。この変形例において、検出部6は、画像変換部10、差異計算部11を備えており、これら画像変換部10、差異計算部11は、演算処理プロセッサの処理機能として具体化される。画像変換部10は、参照画像である右画像 $I_R$ を以下の手順に従って画像変換する。一般に、画像は画像上の点 $(u, v)$ を変数とし、その各点に対して輝度値が定義された関数 $f(u, v)$ として表現できる。以下では画像をこのように表現する。例えば、図8に示すような、先行車両を含むステレオ画像（左画像、右画像）が撮影されたとし、左画像を $f(u, v)$ 、右画像を $g(u, v)$ 、右画像の変換後の画像を $g'(u, v)$ とすれば、画像変換部10は、以下のように、変換画像 $g'(u, v)$ を求める。

【数7】

$$g'(u, v) = g(u', v') \quad \cdots \cdots (7)$$

但し、 $(u', v')$ は、前掲式(4)により求める。 $g'(u, v)$ は、画像 $g(u, v)$ 上の任意の点が道路平面上に存在すると仮定した場合に、左側TVカメラ2aで得られる画像である。例えば、図9に示す右画像 $g(u, v)$ からは、同図に示すような変換画像 $g'(u', v')$ が得られる。図10に示すように、道路平面上にある点の投影点は、左画像 $f(u, v)$ と変換画像 $g'(u', v')$ で同一となるのに対し、道路平面上にない点、すなわち、障害物（この場合は先行車両）上の点は、道路からの高さに応じて異なる位置に投影される。したがって、この左画像 $f(u, v)$ と変換画像 $g'(u', v')$ との間の差分（画素間差分）を取ることで、道路平面上の障害物を検出することが可能である。すなわち、差異計算部11は、

【数8】

$$D' = |f(u, v) - g'(u, v)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad \cdots \cdots (8)$$

15

☆  
で表される差分 $D'$ を計算し、この $D'$ が、 $D' \neq 0$ 、  
あるいは誤差を考慮し、 $D' > \text{Thr}$  ( $\text{Thr}$ はあらかじめ設定した閾値)となる点 $(u, v)$ を障害物領域に属すると判定し、この点 $(u, v)$ を障害物として検出することができる。また、検出部6の差異検出部は、画素間差分をとることによって2枚の画像(左画像、右画像)の差異を検出したが、本変形例はこれに限定される\*

▷ 8

$$C = \frac{1}{N} \sum_{\eta=-\omega}^{\omega} \sum_{\xi=-\omega}^{\omega} \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{\sigma_1 \sigma_2}$$

..... (9)

☆

で表される。ここで、 $N = (2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ は2枚の画像 $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ のウィンドウ内の輝度の平均、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ は、2枚の画像 $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ のウィンドウ内の輝度の分散である。このとき、差異計算部11は、計算値 $C < \text{Thr}$  ( $\text{Thr}$ はあらかじめ設定した閾値)を満足する点 $(u, v)$ を障害物領域に属すると判定するようになっている。上述したように、検出部を変形例に示したように構成しても、障害物領域を容易に検出することができる。また、本実施例では道路平面の両端の2本の白線を直線として抽出したが、道路がカーブしている場合には白線は曲線となる。この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を検出することができる。また、本実施形態では、道路面を平面と仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を検出することができる。さらに、本実施形態においては、図1に示した各ブロック構成要素4~6それぞれが演算処理プロセッサおよびメモリを有していると説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、1つの演算処理プロセッサおよびメモリにより上述した特徴抽出部4の特徴抽出処理、関係式パラメータ計算部の関係式パラメータ計算処理および検出部6の障害物検出処理を行うように構成することも可能である。ところで、本実施形態では、道路面上を走行する車両に搭載されたTVカメラからの障害物検出に関して説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、航空機やヘリコプター等の移動体が滑走路等の路面に着陸する際の障害物検出にも適用することが可能である。一方、本実施形態によれば、車両等の移動体に2台以上のTVカメラを搭載した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図11に示すように、移動体(車両15)には1台のTVカメラ2を搭載し、予め車両15が走行する道路の路側の上方

16

\*ものではない。例えば、検出部6の差異検出部は、各画像(左画像、右画像)の対応する各点(各画素)に対して $(2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ のウィンドウを設定し、ウィンドウ内の輝度値の正規化相互相関 $C$ を計算して差異を検出することも可能である。この場合、2枚の画像(左画像、右画像) $F(u, v)$ 、 $G(u, v)$ の点 $(u, v)$ の $C$ は、  
【数9】

に例えば所定間隔毎に設置された道路監視用カメラ16の画像を利用することにより、上述したステレオ視技術に基づく障害物検出処理を行うことも可能である。すなわち、車両15に搭載された1台のTVカメラ2Aを有する障害物検出装置1aは、その走行位置近傍に設置された道路監視用カメラ16の画像を無線通信装置17を経由して受け取り、この画像(第1の画像)と自車両15により撮影された画像(第2の画像)に基づいて上述したステレオ視技術に基づく処理を実行することにより、道路上の障害物を検出することが可能である。そして、障害物検出装置1aは、自車両15の走行に応じた、自車両15の現在の走行位置に近い方の監視用カメラ16から無線通信装置17を介して送信された第1の画像を用いることにより、連続した障害物検出処理を行うことができる。このように構成すれば、上述した効果に加えて、車両に搭載するTVカメラの台数を減らすことができ、障害物検出装置のシステムが簡素化される。なお、車両に搭載されたTVカメラと道路監視用カメラとの大きさが異なる場合には、得られた第1および第2の画像間で補正処理を行うことが必要である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内であれば、如何なる変形も可能である。

【発明の効果】以上述べたように、本発明の障害物検出方法および装置によれば、路面等の面からの高さの有無により障害物を検出することができるため、明るさの変動や影の影響を受けることなく、画像中から先行車や歩行者等の障害物を検出することができる。特に、本発明では、路面と各撮影デバイスとの幾何学的な関係を、直線検出等の簡単な処理により求めているため、走行中の振動や道路平面に傾斜にある場合でも、安定に面上の障害物を検出することができ、その実用性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る障害物検出装置の概

17

略構成を示すブロック図。

【図2】道路平面上に設定されたワールド座標系および道路平面上的白線を示す図。

【図3】エピソード拘束を説明するための図。

【図4】図1に示す特徴抽出部の白線抽出処理および左右画像間の対応点の組を求める処理を説明するための図。

【図5】図1の構成に加えて、警報発生処理機能を有する障害物検出装置を示すブロック図。

【図6】図1の構成に加えて、ディスプレイに対する障害物領域および安全領域の表示処理を有する障害物検出装置を示すブロック図。

【図7】図1に示す検出部の他の構成を示すブロック図。

【図8】ステレオ画像の一例を示す図。

【図9】右画像とその変換画像を示す図。

【図10】左画像と右画像の変換画像とを示す図。

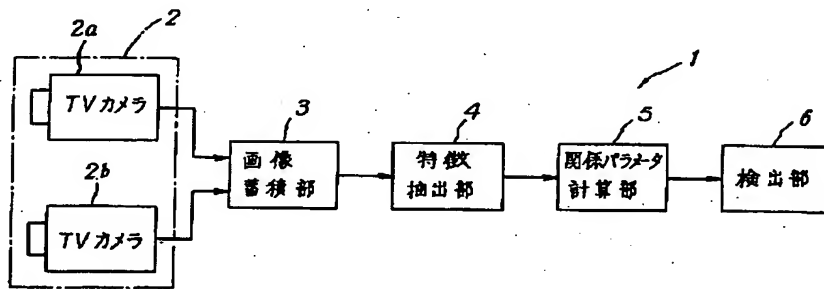
18

\*【図11】本発明の変形例として、移動体に1台のTVカメラを搭載し、道路の路側に設置された道路監視用カメラを利用してステレオ視を行う構成を示す図。

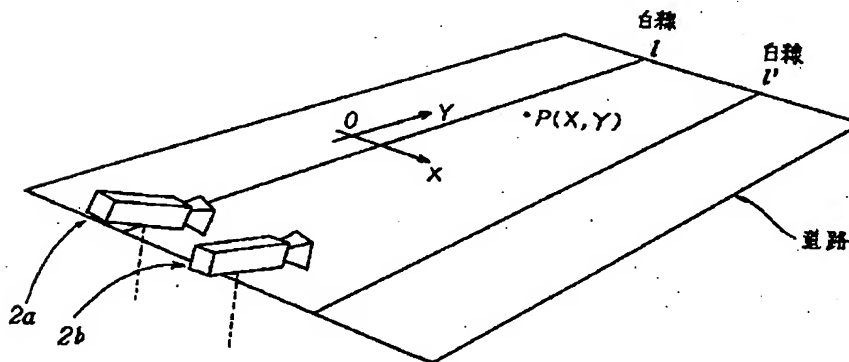
【符号の説明】

- 1 障害物検出装置
- 2 画像撮影部
- 2a、2b TVカメラ
- 3 画像蓄積部
- 4 特徴抽出部
- 5 関係式パラメータ計算部
- 6 検出部
- 7 警報発生部
- 8 ディスプレイ
- 9 画像処理プロセッサ
- 10 画像変換部
- 11 差異計算部

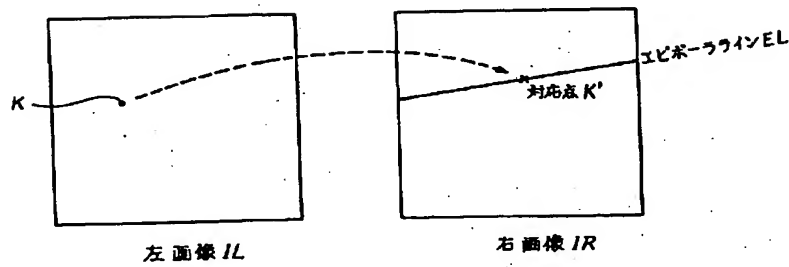
【図1】



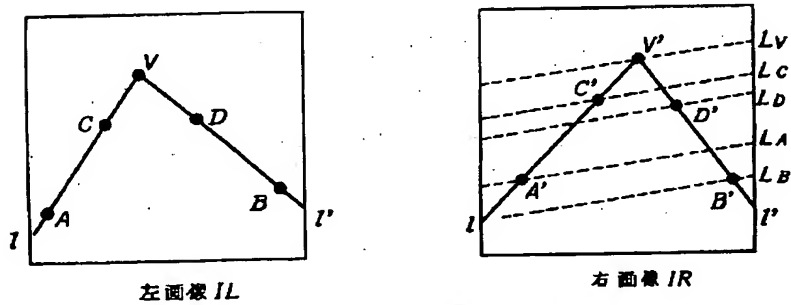
【図2】



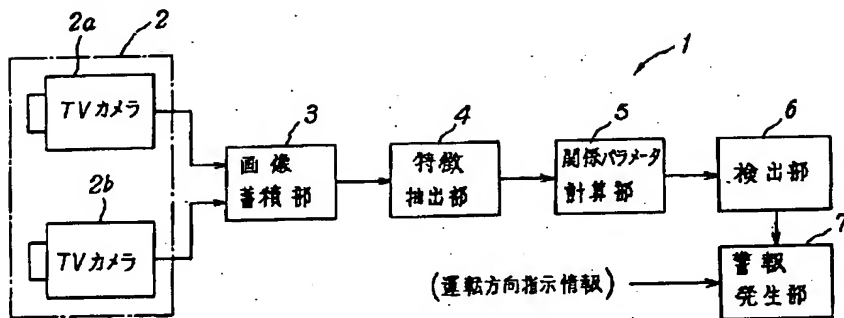
【図3】



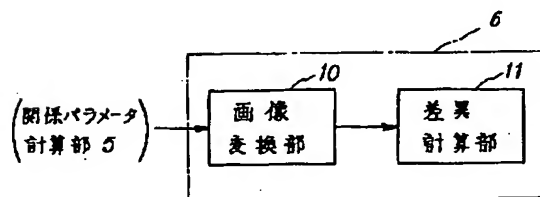
【図4】



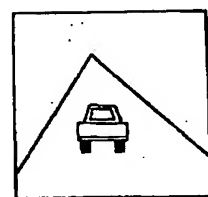
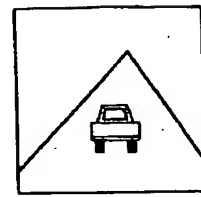
【図5】



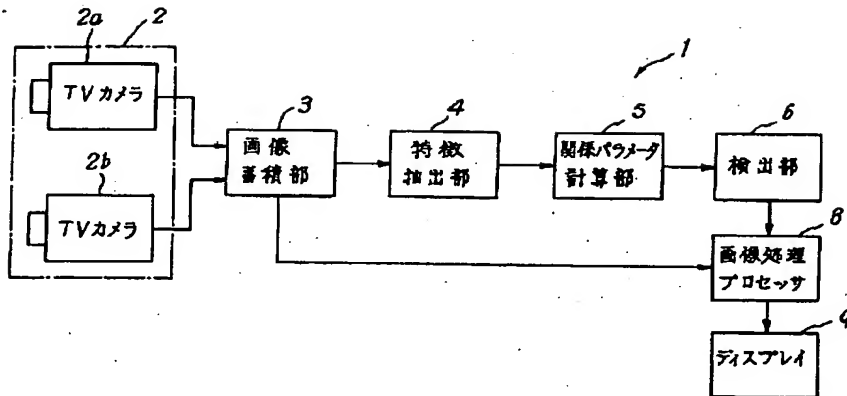
【図7】



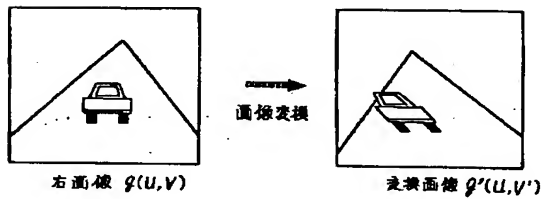
【図8】

左画像  $f(u, v)$ 右画像  $g(u, v)$

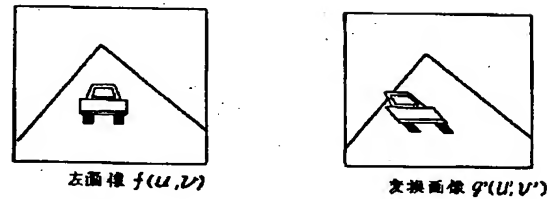
【図6】



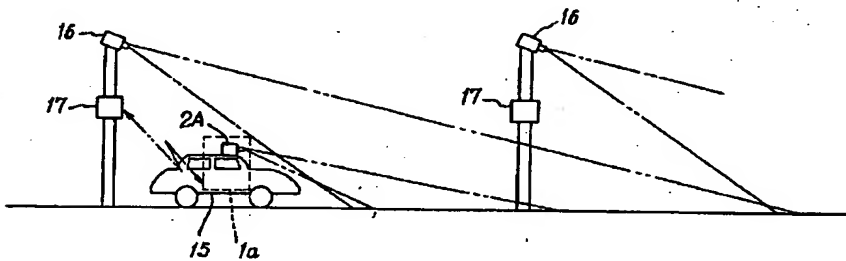
【図9】



【図10】



【図11】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年7月13日（1999. 7. 13）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】 明細書

【発明の名称】 障害物検出方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の線を有する面上の障害物領域を検

出する障害物検出装置であって、

画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異

なる高さを有する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えたことを特徴とする障害物検出装置。

【請求項 2】 前記複数の撮影デバイスの内の 1 つの基準撮影デバイスにより撮影された画像を基準画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基準画像上の任意の点に対応する前記参照画像上の対応点は、前記基準画像上の任意の点と前記基準撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上への投影直線上に拘束されることを特徴とする請求項 1 記載の障害物検出装置。

【請求項 3】 前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線および前記基準画像に対する前記参照画像上への投影直線に基づいて前記基準画像および前記参照画像間の対応点の組を求めており、前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基準画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基準画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを求める手段であることを特徴とする請求項 2 記載の障害物検出装置。

【請求項 4】 前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線の内の一本の線 1 上の第 1 の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第 1 の複数の対応点として求め、前記基準画像上の複数の線の内の 1 以外の 1 本の線上の第 2 の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第 2 の複数の対応点として求めることにより、前記第 1 の複数の点および第 1 の複数の対応点の組と前記第 2 の複数の点および第 2 の複数の対応点の組とを求めるようにしたことを特徴とする請求項 3 記載の障害物検出装置。

【請求項 5】 前記検出手段は、前記基準画像上の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基準画像上の任意の点の輝度と求められた前記参照画像上の対応点の輝度とを比較することにより、前記基準画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定するようにしたことを特徴とする請求項 3 または 4 記載の障害物検出装置。

【請求項 6】 前記検出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記基準撮影デバイスで得られる画像に変換する変換手段と、前記基準画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えたことを特徴とする請求項 3 または 4 記載の障害物検出装置。

【請求項 7】 前記差異計算手段は、前記基準画像と前記変換参照画像との差分を取ることで前記差異を計

算するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の障害物検出装置。

【請求項 8】 前記差異計算手段は、前記参照画像上の任意の点に対して、この点を中心としたウィンドウを設定し、設定したウィンドウ内の前記基準画像および前記変換参照画像間の輝度値の正規化相互相関を計算することにより差異を計算するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の障害物検出装置。

【請求項 9】 前記面は実空間で移動する移動体が走行する路面であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載したことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の内の何れか 1 項記載の障害物検出装置。

【請求項 10】 前記検出手段により検出された障害物領域に対して前記移動体を移動させる移動指示情報が送られた際に、前記移動体の前記障害物領域への移動を回避するための所定の処理を行う手段を備えたことを特徴とする請求項 9 記載の障害物検出装置。

【請求項 11】 前記画像記憶手段により記憶された少なくとも 1 つの画像を、前記検出手段により検出された障害物領域を当該画像上の他の安全領域の表示態様とは異なる態様で表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項 10 記載の障害物検出装置。

【請求項 12】 複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出方法であって、複数の画像を撮影するステップと、撮影ステップにより撮影された複数の画像を記憶するステップと、この記憶ステップにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステップと、このステップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステップと、このパラメータ計算ステップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出するステップとを備えたことを特徴とする障害物検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 道路等の面上を走行する自動車等の車両の運転を支援するために、TVカメラにより、先行車等の他車両や歩行者等の道路上に存在する自車両以外の物体（以下、障害物と定義する）を検出する障害物検出方法および装置に関する。

【0002】

【従来技術】 道路上の障害物を検出するための技術は、その障害物検出手段としてレーザや超音波等を利用するものと、TVカメラを利用するものとに大別される。

【0003】 障害物検出手段としてレーザを利用する方式は、レーザ自体が高価であるため、非実用的である。

また、障害物検知手段として超音波を利用する方式は、超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題があり、これも実用性を阻害している。

【0004】上記2つの方式に対して、障害物検出手段としてTVカメラを使用する方式は、TVカメラ自体が比較的安価であり、その解像度や計測精度、計測範囲等の面からも障害物検出に適することが分かっている。

【0005】道路上の障害物検出手段としてTVカメラを用いる場合、1台のTVカメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

【0006】1台のTVカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、輝度や色、あるいはテクスチャ（模様）等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域とを分離する。例えば、画像中で彩度の低い中程度の輝度領域、つまり灰色の領域を抽出して道路領域を求めたり、テクスチャの少ない領域を求めて道路領域を抽出し、それ以外の領域を障害物領域としている。

【0007】しかしながら、道路上には、道路に類似した輝度、色、あるいはテクスチャを有する障害物も数多く存在するため、この方法で障害物領域と道路領域とを区別するのは困難である。

【0008】これに対し、複数台のTVカメラを用いる方法は3次元情報を手がかりにして道路上の障害物を検出する。これは一般にステレオ視と呼ばれる検出方式である。ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配置し、3次元空間中で同一点である点を左右画像間で対応づけ、三角測量の要領で、その点の3次元位置を求めるものである。

【0009】各カメラの道路平面に対する位置や姿勢等をあらかじめ求めておくと、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さを得ることができ、この高さの有無により、障害物領域と道路領域とを分離す

ることができる。このステレオ視を用いた障害物検出方式によれば、1台のカメラを用いた場合で区別することが困難であった道路に類似した輝度、色、あるいはテクスチャを有する障害物を道路領域と区別して検出することが可能である。

【0010】ところで、通常のステレオ視技術は、画像上の任意の点のワールド座標系（絶対座標系）に対する3次元位置を求める技術であり、このためには、あらかじめ各カメラのワールド座標系に対する関係（位置、姿勢（撮影方向等）、カメラレンズの焦点距離等）に関するパラメータ（関係式パラメータ）を求める必要がある。以下、関係式パラメータを求める作業（処理）をキャリブレーションと呼ぶ。

【0011】キャリブレーションは、ワールド座標系に対する位置が既知の多数の点を用意し、それらの点の画像への投影位置を求め、ワールド座標系に対するカメラの位置や姿勢、カメラレンズの焦点距離等に関する関係式パラメータを算出する作業である。

【0012】しかしながら、上記キャリブレーション作業を行うには、多大な時間と労力を必要とするという問題がある。

【0013】そこで、画像上で道路領域と障害物領域とを分離することのみに着目して、キャリブレーションを行うことなく、道路平面からの高さの有無を判別し、高さ有り→道路平面上の障害物、高さ無し→道路平面として、障害物を検出する方式が考え出されている。

【0014】このとき、道路平面からの高さの有無は、以下のようにして判別できる。

【0015】道路平面上の点の左右画像への投影点を  $(u, v)$ 、 $(u', v')$  とすれば、

【数1】

$$u' = \frac{h_{11}u + h_{12}v + h_{13}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21}u + h_{22}v + h_{23}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}} \quad \dots\dots (1)$$

【外1】

という関係式が成り立つ。なお、 $\vec{h} = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23},$

$h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$ （ $T$ は転置記号）は、各カメラの道路平面に対する関係

（位置と姿勢、さらに、各カメラのレンズの焦点距離、画像原点等）を表す関係

式パラメータである。 $\vec{h}$ は、予め道路平面上の4点以上の左右画像への投影点（

$u_i, v_i$ ）、 $(u'_i, v'_i)$ （ $i = 1, 2, \dots, N$ ）から求めておく。

【0016】この関係式を用いて、左画像上の任意の点  $P(u, v)$  が道路平面上に存在すると仮定した場合の

右画像上の対応点  $P'(u', v')$  を求める。点  $P$  が道路平面上に存在すれば、点  $P$  と  $P'$  が正しい対応点の

組となるので、2点の輝度の差は小さくなる。したがって、点PとP'の輝度の違いが大きい場合には、点Pは障害物領域に属すると判定することができ、キャリブレーションを行うことなく障害物の判定を行うことが可能

である。

【0017】

【外2】

上述した道路平面からの高さの有無により障害物を検出する方式は、ステレオ視用の複数台のカメラが固定している際、すなわち、車両が停止している際においては、道路平面と各カメラとの間の幾何学的な関係は変わらないため、一度求めた関係式パラメータ $\vec{h}$ を使って、道路平面上に存在する障害物を検出可能である。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、複数台のTVカメラを用いて道路平面からの高さの有無によりキャリブレーションを行うことなく障害物を検出する障害物検出装置は、超音波やレーザを検出手段として利用する装置と比べて安価で、かつ検出精度が高く、しか

も、キャリブレーション作業を不用にして障害物検出にかかる時間および労力を低減するという多くの利点を有している。

【0019】

【外3】

しかしながら、上記道路平面からの高さの有無により障害物を検出する障害物検出装置において、車両が走行している場合には、車両自体の振動や道路の傾斜の変化等のため、道路平面と各カメラとの間の相対的な位置や姿勢等の関係は時々刻々変化する。すなわち、車両走行中においては、道路平面と各カメラの幾何学的関係は絶えず変化するため、関係式パラメータ $\vec{h}$ も変化する、障害物の検出精

度が著しく低下するという問題があった。

【0020】本発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、エピソード拘束のみが既知な複数のTVカメラを用いて撮影した複数枚の画像から、面上の2本以上の線の投影像を抽出し、抽出した投影像から面と各カメラとの幾何学的な関係を求めることにより、キャリブレーションが不要で、走行中に振動や路面自体に傾斜があつても、路面上に存在する障害物を検出することができる障害物検出方法および装置を提供することをその目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するための第1の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出装置であって、画像を撮影する複数の撮影デバイスと、この複数の撮影デバイスによりそれぞれ撮影された複数の画像を記憶する画像記憶手段と、この画像記憶手段に記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求める抽出手段と、この抽出手段により求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立

つ関係式のパラメータを計算するパラメータ計算手段と、このパラメータ計算手段により計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出する検出手段とを備えている。

【0022】第1の発明において、前記複数の撮影デバイスの内の1つの基準撮影デバイスにより撮影された画像を基準画像とし、残りの撮影デバイスにより撮影された画像を参照画像としたとき、前記基準画像上の任意の点に対応する前記参照画像上の対応点は、前記基準画像上の任意の点と前記基準撮影デバイスの視点とを結ぶ直線の前記参照画像上への投影直線上に拘束される。

【0023】第1の発明において、好適には、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線および前記基準画像に対する前記参照画像上への投影直線に基づいて前記基準画像および前記参照画像間の対応点の組を求めており、前記パラメータ計算手段は、前記抽出手段により求められた前記基準画像および前記参照画像間の複数の対応点の組に基づいて、前記面上の任意の点の前記基準画像および前記参照画像に対する投影位置の間に成り立つ



関係式のパラメータを求める手段である。

【0024】第1の発明において、特に、前記抽出手段は、前記基準画像上の複数の線の内の一本の線1上の第1の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第1の複数の対応点として求め、前記基準画像上の複数の線の内の1以外の一本の線上の第2の複数の点と前記参照画像上の投影線との交点を第2の複数の対応点として求めることにより、前記第1の複数の点および第1の複数の対応点の組と前記第2の複数の点および第2の複数の対応点の組とを求めるようにしている。

【0025】第1の発明において、好適には、前記検出手段は、前記基準画像上の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記任意の点に対応する前記参照画像上の対応点を、前記関係式パラメータにより定まる関係式に基づいて求め、前記基準画像上の任意の点の輝度と求められた前記参照画像上の対応点の輝度とを比較することにより、前記基準画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定するようにしている。

【0026】第1の発明において、前記検出手段は、前記参照画像を、当該参照画像の任意の点が前記面上に存在すると仮定した場合に、前記基準撮影デバイスで得られる画像に変換する変換手段と、前記基準画像と前記変換手段により変換された参照画像との差異を計算し、計算された差異に基づいて、前記参照画像上の任意の点が前記面に対して異なる高さを有する障害物領域に属するか否かを判定する差異計算手段とを備えている。

【0027】第1の発明において、前記面は実空間で移動する移動体が走行する路面であり、前記障害物検出装置を前記移動体に搭載している。

【0028】上述した目的を達成するための第2の発明によれば、複数の線を有する面上の障害物領域を検出する障害物検出方法であって、複数の画像を撮影するステップと、撮影ステップにより撮影された複数の画像を記憶するステップと、この記憶ステップにより記憶された複数の画像上に表された前記複数の線を抽出し、抽出した複数の線に基づいて前記複数の画像間の対応点を求めるステップと、このステップにより求められた対応点に基づいて、前記面上の任意の点の各画像への投影位置の間に成り立つ関係式のパラメータを計算するステップと、このパラメータ計算ステップにより計算されたパラメータにより定まる関係式に基づいて前記面に対して異なる高さを有する領域を障害物領域として検出するステップとを備えている。

【0029】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。なお、本実施形態においては、自動車等の路面（道路平面）上を走行する車両に搭載した左右2台の画像撮影デバイス（TVカメラ、ステレオカメラ）から、その走行方向前方における歩行者や先行車等

の道路平面上に存在する障害物を検出する状況を想定し、その想定状況での障害物検出装置による障害物検出処理について説明する。

【0030】図1は、本実施の形態に係る障害物検出装置1の概略構成を示すブロック図である。

【0031】本実施形態の障害物検出装置1は、道路平面上を走行する車両に搭載されており、自車両の走行時の振動や道路平面の傾斜等により時々刻々変化する道路平面と各TVカメラとの幾何学的関係求め、その幾何学的関係を用いて道路平面上に存在する障害物を検出し、検出した障害物を表示するようになっている。

【0032】すなわち、障害物検出装置1は、自車両に係る3次元空間内の共通の面である例えば走行方向前方の道路平面上の画像を撮影する左右2台のTVカメラ（左側TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）を有する画像撮影部2と、TVカメラ2aにより撮影された画像（左画像）およびTVカメラ2bにより撮影された画像（右画像）を蓄積（記憶）するための画像蓄積部3と、左画像および右画像上において特徴となる2本以上の線を抽出するための特徴抽出部4と、抽出された特徴線に基づいて関係式パラメータを計算するパラメータ計算部5と、計算された関係式パラメータに基づいて道路平面に対して異なる高さを有する点を求めて、この点を障害物（障害物領域）として検出する検出部6とを備えている。

【0033】本実施形態においては、図2に示すように、上記道路平面上の2本の線を、道路平面両端の2本の白線（ $l, l'$ ）とし、直線 $l, l'$ 方向をY軸、このY軸に対して道路平面に沿って直交する方向をX軸とするワールド座標系（絶対座標系）を設定する。

【0034】画像撮影部2は、左右2台のTVカメラ2a、2bにより道路平面上の2枚の画像（左画像IL、右画像IR）をそれぞれ撮影するようになっている。

【0035】各TVカメラ2a、2bは、例えば所定間隔を空けて、例えばワールド座標系のX軸方向に沿った左右に並べて取り付けられており、その撮影方向は、走行車両の前方に限らず、後方やサイド方向であってもよい。また、各TVカメラ2a、2bの焦点距離を切り換えることにより、道路平面（路面）の状況に応じて、広角撮影および望遠撮影を行うことも可能である。

【0036】そして、本実施形態における2台のTVカメラ2a、2bは、そのワールド座標系に対する位置や姿勢は未知で、エピポーラ拘束のみが既知であるとし、走行中に変化しないように構成されている。

【0037】ここで、エピポーラ拘束とは、一般的なステレオカメラに対して成り立つ拘束であり、一方の画像（本実施形態では左画像とし、この画像を基準画像とも呼ぶ）上の任意の点 $k$ に対応する他方の画像（本実施形態では右画像とし、この画像を参照画像とも呼ぶ）上での点（対応点） $k'$ は、図3に示すように、その右画像

IR上のある直線上に拘束されることを意味する。

【0038】この直線のことをエピソードラインELと呼ぶ。このエピソードラインELは、左画像IL上の点kと左側TVカメラ2aの視点（レンズの中心点位置）とを右画像IR上に投影してそれらを結ぶことにより定められる。

【0039】例えば、各TVカメラ2a、2bの光軸を平行に配置した場合には、左画像IL上の任意の点の右画像IR上での対応点は、その右画像IR上における同一走査線上に存在するので、エピソードラインと走査線は一致する。

【0040】エピソード拘束は、ステレオカメラ（左側

$$(u'_i, v'_i, 1) F (u_i, v_i, 1)^T = 0 \quad \dots (2)$$

（但し、Fは、 $3 \times 3$ のマトリクス）という関係式が成り立つ。

【0042】8組以上、すなわち、 $N=8$ 以上の対応点の組からマトリクスFを求めることができる。すなわち、マトリクスFに対応点の組のみを用いて求めることができるため、ワールド座標系に対する3次元位置が既知な点を用意する必要がなく、前述したキャリブレーション

$$(F_{11}u + F_{12}v + F_{13})u' + (F_{21}u + F_{22}v + F_{23})v' + (F_{31}u + F_{32}v + F_{33}) = 0$$

上にあることとなり、これがエピソードラインELとなる。すなわち、式（2）がエピソード拘束を表す。ここで、 $F_{ij}$ （ $i, j=1, 2, 3$ ）はマトリクスFのi行j列の要素である。

【0044】画像蓄積部3は、画像メモリを有しており、画像撮影部2の各TVカメラ2a、2bにより撮影された2枚の画像（左画像IL、IR）を画像メモリにそれぞれ蓄積するようになっている。

【0045】特徴抽出部4は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、最初に、画像蓄積部2により蓄積された2枚の画像（左画像IL、右画像IR）上において、道路両端の2本の直線（白線） $l, l'$ をそれぞれ抽出する。

【0046】なお、上記2本の直線抽出は、Hough変換等を用いて行なう。直線 $l$ と $l'$ は左右画像IL、IR上において、各々交点（消失点） $V, V'$ を持ち、 $V'$ はVのエピソードライン $l_v$ 上にあることを利用すれば、計算量を削減することが可能である。

【0047】このとき、左画像IL上における直線 $l$ 上の任意の2点を各々A、C、直線 $l'$ 上の任意の2点を各々B、Dとすると、特徴抽出部4は、これら4点の右画像IR上の対応点 $A', B', C', D'$ を、エピソード拘束を用いることにより求める。

$$u' = \frac{h_{11}u + h_{12}v + h_{13}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}}, \quad v' = \frac{h_{21}u + h_{22}v + h_{23}}{h_{31}u + h_{32}v + h_{33}} \quad \dots (4)$$

TVカメラ2a、右側TVカメラ2b）間の相対的な位置・姿勢の関係と、各カメラ2a、2bの内部パラメータ、すなわち、各カメラレンズの焦点距離、画像原点等に依存するため、エピソード拘束が不変であるということは、ステレオカメラ2a、2bの相対的な位置関係等が走行中に変化しないことを意味する。

【0041】エピソード拘束は以下のようにして求めておく。今、ステレオ画像（左画像IL、右画像IR）の任意の対応点の組 $(u_i, v_i), (u'_i, v'_i)$

（ $i=1, 2, \dots, N$ ）には、

【数2】

ョン処理（作業）に比べて、非常に簡単な処理によりマトリクスFを求めることができる。

【0043】このようにして、マトリクスFが求まると、左画像IL上のある点 $(u, v)$ の対応点は、右画像IR上の直線

【数3】

【0048】すなわち、点Aの対応点 $A'$ は、右画像IR上において、直線 $l$ と点Aのエピソードライン $l_A$ の交点として求めることができ、同様に、点 $B', C', D'$ も、それぞれ、点B、C、Dのエピソードライン $l_B, l_C, l_D$ の交点として求めることができる。

【0049】ここで、得られた点A、B、C、Dおよび点 $A', B', C', D'$ の座標データを、それぞれ $(u_A, v_A), (u_B, v_B), (u_C, v_C), (u_D, v_D), (u'_A, v'_A), (u'_B, v'_B), (u'_C, v'_C), (u'_D, v'_D)$ とす

る。

【0050】パラメータ計算部5は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、特徴抽出部4により求められた4組の点の対応関係に基づいて、道路平面上の任意の点の左画像IL上の投影点 $(u, v)$ と右画像IR上の投影点 $(u', v')$ の間に成り立つ関係式のパラメータ（関係式パラメータ）を計算する。

【0051】今、道路平面上の任意の点P（X, Y）の左右画像IL、IR上への投影点をそれぞれ $(u, v), (u', v')$ とすれば、

【数4】

なる関係式が成り立つ。

【外4】

【0052】

ここで、 $\vec{h} = (h_{11}, h_{12}, h_{13}, h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{31}, h_{32}, h_{33})^T$

(Tは転置記号)は、各カメラ2a、2bのワールド座標系(道路平面)に対する位置や方向、カメラレンズの焦点距離、画像原点等によって決まる関係式パラメータである。

【0053】

【外5】

すなわち、パラメータ計算部5は、上記関係式パラメータ $\vec{h}$ を特徴検出部4で求められた4つの対応点の組 $\{(u_A, v_A), (u'_A, v'_A) \sim (u_D, v_D),$

$(u'_D, v'_D)\}$ に基づいて計算する。

【0054】

【外6】

今、1つの解 $\vec{h}$ が上式(4)を満足するならば、その $\vec{h}$ を定数k倍した $k\vec{h}$ も上式を満足するため、 $h_{33}=1$ としても一般性を失わない。したがって、上式(4)において $h_{33}=1$ として分母を払って整理すると、

【数5】

$$\begin{cases} u' = h_{11}u + h_{12}v + h_{13} - u'(h_{31}u + h_{32}v) \\ v' = h_{21}u + h_{22}v + h_{23} - v'(h_{31}u + h_{32}v) \end{cases} \dots (5)$$

【0055】

【外7】

上記方程式(5)を4組の対応ペア $\{(u_A, v_A), (u'_A, v'_A), (u_B, v_B), (u'_B, v'_B), (u_C, v_C), (u'_C, v'_C), (u_D, v_D), (u'_D, v'_D)\}$ がそれぞれ満足するため、8つの未知パラメータ $h_{11} \sim h_{32}$ に対し8本の連立方程式が得られる。そこで、パラメータ計算部5は、上記8本の連立方程式を解くことにより、関係式パラメータ $h_{11} \sim h_{32}$ を求め、これら $h_{11} \sim h_{32}$ と $h_{33}=1$ より、関係式パラメータ $\vec{h}$ を求めることができる。

【0056】検出部6は、演算処理プロセッサおよびメモリを有しており、左画像IL上の任意の点P(u, v)の輝度をBL(u, v)とし、この点P(u, v)が道路平面上に存在すると仮定した場合の上記点P(u, v)の右画像IR上での対応点P'(u, v)を前掲(4)式に基づいて求める。

【0057】今、求められた点P'(u', v')の輝度をBR(u, v)とすると、点P(u, v)が実際に道路平面上に存在すれば、点PとP'は正しい対応点の組となるから、基本的には点PとP'の輝度が同じになる。

【0058】すなわち、

【数6】

$$D = |B_L(u, v) - B_R(u', v')|$$

とした場合、検出部6は、 $D \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D > Thr$  ( $Thr$  はあらかじめ設定した閾値) となる点Pを障害物領域に属すると判定し、この点Pを障害物として検出することができる。

以上述べたように、本実施形態の障害物検出装置1によれば、道路面上の複数

の線を用いて、各カメラの道路面との関係を表すパラメータ $\vec{h}$ を求め、この関係

式パラメータ $\vec{h}$ に基づいて道路平面上の障害物領域を検出することができるため

、自車両走行中における上述した走行車両自体の振動や道路の傾斜の変化等に影

響を受けることなく、障害物領域を検出することができる。

【0060】したがって、障害物（障害物検出領域）の検出精度を向上させることができ、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0061】例えば、図5に示すように、検出部6により検出された障害物領域情報および自車両における例えば運転手のハンドル操作に応じた運転方向指示情報に基づいて警報発生処理を行う警報発生部7を設けておくことにより、運転手のハンドル操作により、自車両を障害物領域（障害物）に向かわせるための運転方向指示情報が警報発生部7に送られると、警報発生部7は、障害物領域情報および運転方向指示情報に基づいて自車両が障害物領域に向かって走行することを判断し、警報を発生する。

【0062】この結果、走行車両の運転手は、自車両が障害物へ向かって走行していることを認識することができるため、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0063】さらに、本実施形態の変形例として、図6に示すように、自車両内の運転手が視認できる位置に取り付けられたディスプレイ8と、画像蓄積部3に蓄積された例えば左画像ILをそのディスプレイ8に表示し、検出部6により検出された障害物領域情報に基づいて、上記左画像ILに対して、障害物領域以外の安全領域と障害物領域との表示態様を異ならせる表示処理（例えば、安全領域を緑の表示色、障害物領域を赤の表示色にする処理や、障害物領域を表すマーカを左画像IL上の障害物領域の座標位置に重畳表示する処理等を行う画像処理プロセッサ9とを設けてもよい。

【0064】このように構成すれば、走行車両の前方に存在する障害物領域と安全領域とがディスプレイ8上で明確に識別できるため、ディスプレイ8を視認することにより、運転手の視界の死角に存在する障害物等を容易かつ確実に認識することができ、車両の安全性・信頼性の一層の向上に寄与することができる。

【0065】なお、本実施形態においては、画像撮影部

( $| \cdot |$  は絶対値)

..... (6)

【0059】

【外8】

2の2台のTVカメラ2a、2bを左右に並べて車両に搭載し、TVカメラ2a、2bにより2枚の画像を撮影しているが、これら2台のカメラ2a、2bは、エビボロー拘束を維持し、自車両に係る共通の平面をそれぞれが撮影可能であれば、どのように配置してもよい。また、3台以上のTVカメラを車両に配置することも可能である。

【0066】3台以上のTVカメラを用いて本実施形態の障害検出処理を行う際には、エビボロー拘束は、3枚以上の撮影画像の中の1枚の画像を基準画像とし、その基準画像上の任意の点kに対応する残りの各画像（参照画像）上での対応点k'が各参照画像上のある直線上に拘束されることを意味する。

【0067】また、特徴抽出部4は左画像ILおよび右画像IR上の4組の点の対応関係を求めたが、5組以上の対応関係を同様に求めてもよい。この場合では、パラメータ計算部5により、その5組以上の対応関係から得られる10本以上の連立方程式を最小自乗法等を用いて解くことも可能である。

【0068】また、検出部6は、さらに図7に示すように構成することも可能である。この変形例において、検出部6は、画像変換部10、差異計算部11を備えており、これら画像変換部10、差異計算部11は、演算処理プロセッサの処理機能として具体化される。

【0069】画像変換部10は、参照画像である右画像IRを以下の手順に従って画像変換する。

【0070】一般に、画像は画像上の点(u, v)を変数とし、その各点に対して輝度値が定義された関数f(u, v)として表現できる。以下では画像をこのように表現する。

【0071】例えば、図8に示すような、先行車両を含むステレオ画像（左画像、右画像）が撮影されたとし、左画像をf(u, v)、右画像をg(u, v)、右画像の変換後の画像をg'(u, v)とすれば、画像変換部10は、以下のように、変換画像g'(u, v)を求め

る。

【0072】

【数7】

$$g'(u, v) = g(u', v') \quad \dots\dots (7)$$

但し、 $(u', v')$  は、前掲式(4)により求める。

【0073】 $g'(u, v)$  は、画像 $g(u, v)$ 上の任意の点が道路平面上に存在すると仮定した場合に、左側TVカメラ2aで得られる画像である。

【0074】例えば、図9に示す右画像 $g(u, v)$ からは、同図に示すような変換画像 $g'(u', v')$ が得られる。図10に示すように、道路平面上にある点の

$$D' = |f(u, v) - g'(u, v)|$$

で表される差分 $D'$ を計算し、この $D'$ が、 $D' \neq 0$ 、あるいは誤差を考慮し、 $D' > Thr$  ( $Thr$  はあらかじめ設定した閾値)となる点 $(u, v)$ を障害物領域に属すると判定し、この点 $(u, v)$ を障害物として検出することができる。

【0077】また、検出部6の差異検出部は、画素間差分をとることによって2枚の画像(左画像、右画像)の差異を検出したが、本変形例はこれに限定されるものではない。

$$C = \frac{1}{N} \sum_{\eta=-\omega}^{\omega} \sum_{\xi=-\omega}^{\omega} \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad \dots\dots (8)$$

で表される。

【0080】ここで、 $N = (2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ 、 $a_1, a_2$  は2枚の画像 $F(u, v), G(u, v)$ のウィンドウ内の輝度の平均、 $\sigma_1, \sigma_2$  は、2枚の画像 $F(u, v), G(u, v)$ のウィンドウ内の輝度の分散である。

【0081】このとき、差異計算部11は、計算値 $C < Thr$  ( $Thr$  はあらかじめ設定した閾値)を満足する点 $(u, v)$ を障害物領域に属すると判定するようになっている。

【0082】上述したように、検出部を変形例に示したように構成しても、障害物領域を容易に検出することができる。

【0083】また、本実施例では道路平面の両端の2本の白線を直線として抽出したが、道路がカーブしている場合には白線は曲線となる。この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を検出することができる。

【0084】また、本実施形態では、道路面を平面と仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を検出することができる。

【0085】さらに、本実施形態においては、図1に示した各ブロック構成要素4~6それぞれが演算処理プロセッサおよびメモリを有していると説明したが、本発明

投影点は、左画像 $f(u, v)$ と変換画像 $g'(u', v')$ で同一となるのに対し、道路平面上にない点、すなわち、障害物(この場合は先行車両)上の点は、道路からの高さに応じて異なる位置に投影される。

【0075】したがって、この左画像 $f(u, v)$ と変換画像 $g'(u', v')$ との間の差分(画素間差分)を取ることで、道路平面上の障害物を検出することが可能である。

【0076】すなわち、差異計算部11は、

【数8】

$$| \cdot | \text{は絶対値} \quad \dots\dots (8)$$

【0078】例えば、検出部6の差異検出部は、各画像(左画像、右画像)の対応する各点(各画素)に対して $(2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ のウィンドウを設定し、ウィンドウ内の輝度値の正規化相互相関 $C$ を計算して差異を検出することも可能である。

【0079】この場合、2枚の画像(左画像、右画像) $F(u, v), G(u, v)$ の点 $(u, v)$   $C$ は、

【数9】

$$\dots\dots (9)$$

はこれに限定されるものではなく、1つの演算処理プロセッサおよびメモリにより上述した特徴抽出部4の特徴抽出処理、関係式パラメータ計算部の関係式パラメータ計算処理および検出部6の障害物検出処理を行うように構成することも可能である。

【0086】ところで、本実施形態では、道路面上を走行する車両に搭載されたTVカメラからの障害物検出に関して説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、航空機やヘリコプター等の移動体が滑走路等の路面に着陸する際の障害物検出にも適用することが可能である。

【0087】一方、本実施形態によれば、車両等の移動体に2台以上のTVカメラを搭載した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0088】例えば、図11に示すように、移動体(車両15)には1台のTVカメラ2を搭載し、予め車両15が走行する道路の路側上方に例えば所定間隔毎に設置された道路監視用カメラ16の画像を利用することにより、上述したステレオ視技術に基づく障害物検出処理を行うことも可能である。

【0089】すなわち、車両15に搭載された1台のTVカメラ2Aを有する障害物検出装置1aは、その走行位置近傍に設置された道路監視用カメラ16の画像を無線通信装置17を経由して受け取り、この画像(第1の

画像)と自車両15により撮影された画像(第2の画像)に基づいて上述したステレオ視技術に基づく処理を実行することにより、道路上の障害物を検出することが可能である。

【0090】そして、障害物検出装置1aは、自車両15の走行に応じて、自車両15の現在の走行位置に近い方の監視用カメラ16から無線通信装置17を介して送信された第1の画像を用いることにより、連続した障害物検出処理を行うことができる。

【0091】このように構成すれば、上述した効果に加えて、車両に搭載するTVカメラの台数を減らすことができ、障害物検出装置のシステムが簡素化される。なお、車両に搭載されたTVカメラと道路監視用カメラとの大きさが異なる場合には、得られた第1および第2の画像間で補正処理を行うことが必要である。

【0092】その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内であれば、如何なる変形も可能である。

【0093】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の障害物検出方法および装置によれば、路面等の面からの高さの有無により障害物を検出することができるため、明るさの変動や影の影響を受けることなく、画像中から先行車や歩行者等の障害物を検出することができる。

【0094】特に、本発明では、路面と各撮影デバイスとの幾何学的な関係を、直線検出等の簡単な処理により求めているため、走行中の振動や道路平面に傾斜にある場合でも、安定に面上の障害物を検出することができ、その実用性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る障害物検出装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】道路平面上に設定されたワールド座標系および道路平面上の白線を示す図。

【図3】エピソード拘束を説明するための図。

【図4】図1に示す特徴抽出部の白線抽出処理および左

右画像間の対応点の組を求める処理を説明するための図。

【図5】図1の構成に加えて、警報発生処理機能を有する障害物検出装置を示すブロック図。

【図6】図1の構成に加えて、ディスプレイに対する障害物領域および安全領域の表示処理を有する障害物検出装置を示すブロック図。

【図7】図1に示す検出部の他の構成を示すブロック図。

【図8】ステレオ画像の一例を示す図。

【図9】右画像とその変換画像を示す図。

【図10】左画像と右画像の変換画像とを示す図。

【図11】本発明の変形例として、移動体に1台のTVカメラを搭載し、道路の路側に設置された道路監視用カメラを利用してステレオ視を行う構成を示す図。

【符号の説明】

- 1 障害物検出装置
- 2 画像撮影部
- 2a、2b TVカメラ
- 3 画像蓄積部
- 4 特徴抽出部
- 5 関係式パラメータ計算部
- 6 検出部
- 7 警報発生部
- 8 ディスプレイ
- 9 画像処理プロセッサ
- 10 画像変換部
- 11 差異計算部

【手続補正2】

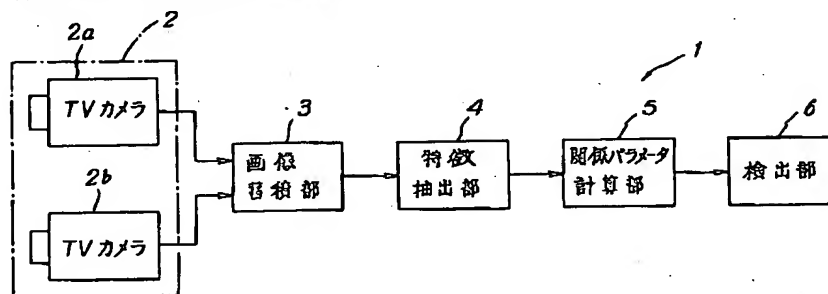
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



【手続補正3】

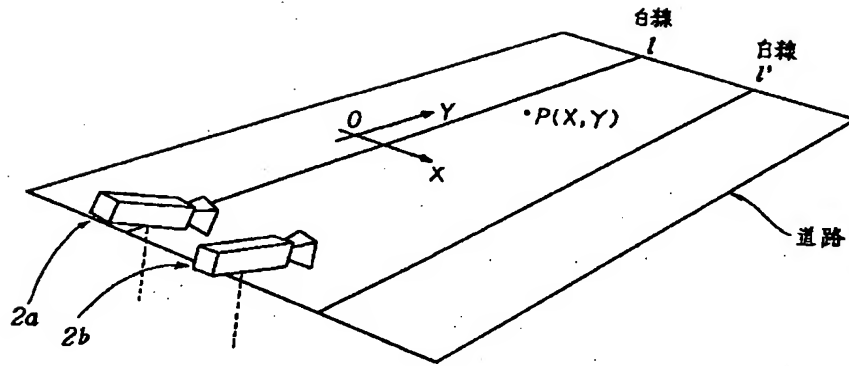
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】



【手続補正4】

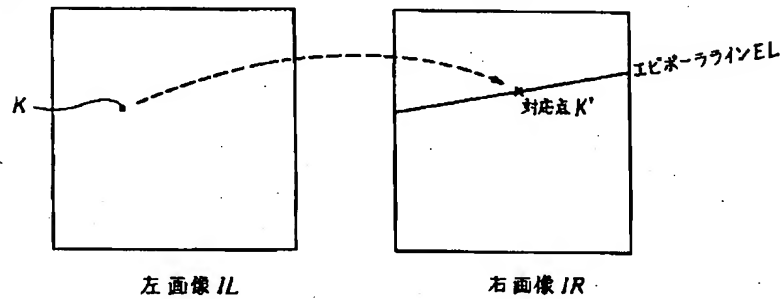
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



【手続補正5】

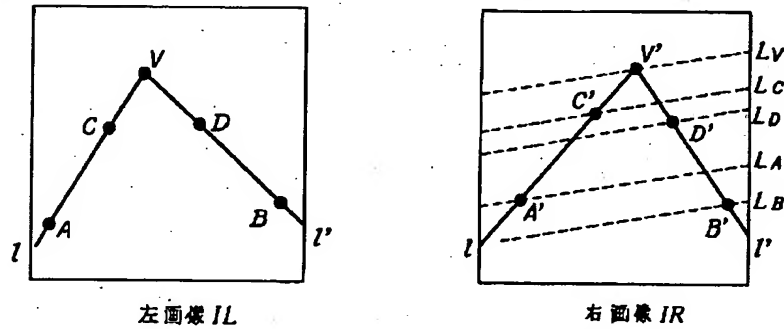
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



【手続補正6】

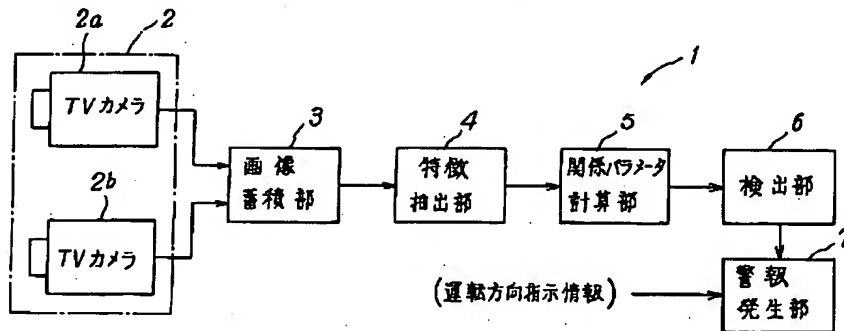
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正7】

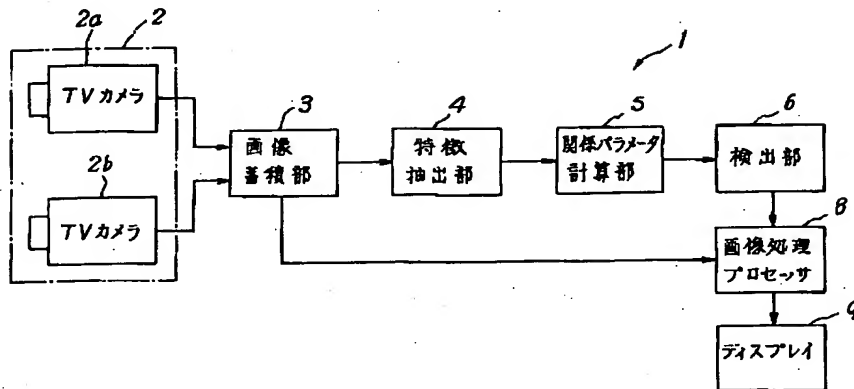
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】



【手続補正8】

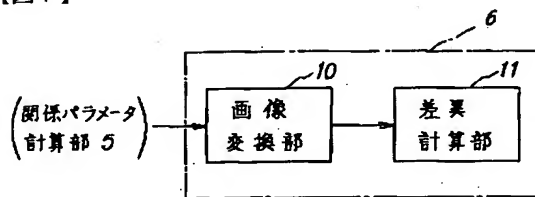
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

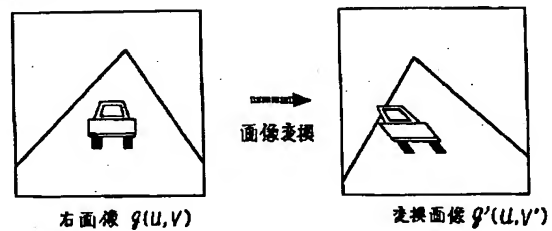
【補正内容】

【図7】



【補正内容】

【図9】



【手続補正11】

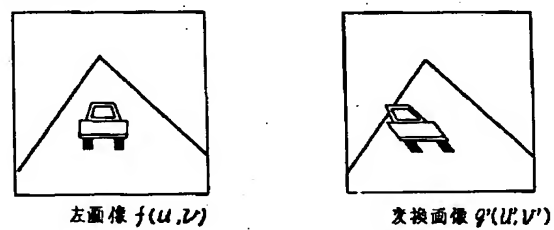
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】



【手続補正12】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】

【手続補正9】

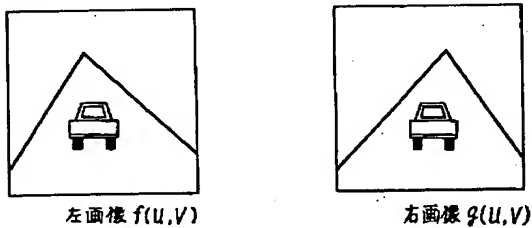
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



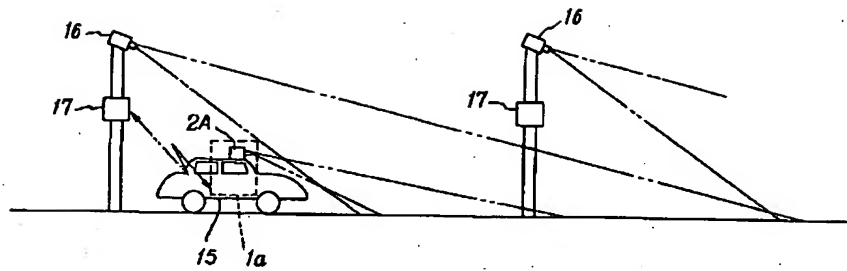
【手続補正10】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更





フロントページの続き

(72) 発明者 小野口 一則  
兵庫県神戸市東灘区本山南町8丁目6番26  
号株式会社東芝関西研究所内

Fターム(参考) 5B057 AA06 BA02 BA15 CE16 DA08  
DA15 DA16 DC03 DC22 DC34  
5H180 AA01 CC04 CC24 LL01 LL02  
LL08